天津七里海湿地蛾类多样性

尤 平，李后魂*，王淑霞，徐家生
（南开大学生物系，天津 300071）

摘要：系统调查研究了天津七里海湿地的蛾类，已知19科153属198种，并对其多样性作了分析。结果表明，种-多度关系符合对数正态分布模型。但多样性指数与均匀度不相一致（$r = -0.47$），而与物种丰富度一致（$r = 0.95$）。研究认为七里海湿地环境条件比较好，但有退化的趋势。

关键词：蛾类；群落；多样性；湿地；天津
中图分类号：Q969.1 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296（2003）05-0617-05

Diversity of the moth community in the Qilihai wetland, Tianjin

YOU Ping, LI Hou-Hun, WANG Shu-Xia, XU Jia-Sheng (Department of Biology, Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: The Qilihai wetland is situated in the northeast of Tianjin (39°16′－39°20′N, 117°29′－117°39′E). An investigation on the diversity of its moth community was carried out from June 21 to October 6 in 2001 and from April 21 to October 21 in 2002. A total of 198 moth species belonging to 153 genera in 19 families were collected. The results show that the curve of the moth species-abundance was in accordance with the log-normal hypothesis. However, no significant correlation was found between indices of diversity and evenness ($r = -0.47$) but indices of diversity and richness was significantly correlated ($r = 0.95$). This suggests that the environmental quality of the Qilihai wetland be deteriorating.

Key words: moth; community; diversity; wetland; Tianjin

七里海湿地位于天津市宁河县境内，距市中心区40 km，距渤海海岸线15 km，其核心区地理坐标为北纬39°16′～39°20′，东经117°29′～117°39′。湿地总面积9 500 hm^2，核心区面积5 320 hm^2，分为东七里海和西七里海两部分，现有水域面积1 466 hm^2，芦苇面积5 000 hm^2，是1992年经国务院批准建立的天津古海岸与湿地国家级自然保护区的核心区，属典型的古泻湖湿地生态系统。

七里海湿地土壤主要为沼泽土，其次为滨海潮土。植被以沼泽芦苇群落为主，间有水葱、香蒲等水生植物群落和沼泽草甸植被。迁徙于此的鸟类有100多种，其中有白鹳、黑鹳、丹顶鹤和白鹤等国家一级保护鸟类10种，白枕鹤、天鹅和鸳鸯等国家二级保护动物17种（李百温，1991）。昆虫方面缺乏系统的调查，尤平等（2002）对七里海的灯下蛾类作了初步调查，计有120种。

由于近年来连续干旱，雨季缺少有效降水，加之上游河道水量不足，七里海湿地有逐年缩小的趋势。作者于2001年和2002年定期在七里海湿地作了灯下蛾类的调查研究，共采集到蛾类19科153属198种，并作了群落结构及其多样性的分析探讨，以期为湿地的保护和资源利用以及环境质量监测提供昆虫方面的基础材料。

1 研究方法

1.1 调查方法

调查时间为2001年6月21日至10月6日及2002年4月21日至10月21日。每月的6日和21日各调查一次，遇天气不良，则顺延一日。调查方法为灯诱，诱集灯为250 W汞灯，幕布选用2.0 m×1.5 m的白化纤布。在距湿地边缘1.5 km以上的中心区随机选取样地，用竹竿把幕布挂于诱集灯后方15 cm处，清除幕布四周4～5 m的杂草，采集

基金项目：天津市自然科学基金资助项目（023614011）
作者简介：尤平，男，1965年生，陕西甘泉人，博士，副教授，从事动物学及环境生物学研究，现在淮北煤炭师范学院生物系工作，E-mail: youpin@eyou.com
*通讯作者 Author for correspondence, E-mail: lihouhun@nankai.edu.cn
收稿日期 Received: 2002-12-27; 接受日期 Accepted: 2003-04-09

所有落于幕布前后面的蛾类。为鉴定方便，大小蛾类分开采集，大型蛾类使用毒瓶，小型蛾类使用指形管，用乙酸乙酯作为毒杀剂，杀死的蛾类放于储虫瓶（管）中，尽量避免摇动，作种类鉴定和数量统计。诱集时间为 4 h，每月重复采集 2 ~ 4 次。

种类鉴定的依据主要为 20 世纪 80 年代以来我国及邻国的蛾类专著。

1.2 数据分析方法

多样性的分析采用以下参数（Pielou 著，卢泽愚译，1988）：

物种丰富度（species richness，S）和个体总数（individual number，N），在多样性分析中分别采用其自然对数（LnS 和 LnN）。

优势度指数（dominance index，D）采用 Berger-Parker 指数：$D = N_{max}/N_T$，其中 N_{max} 为优势种的种群数量，N_T 为群落全部种类的种群数量。

采用等级多样性指数 H（SGF）= H（F）+ H（G）+ H（S），这里，H（F）、H（G）、H（S）分别为科级、属级和种级的多样性指数，多样性应用 MacAthur 多样性指数 $H = \mathrm{EXP}(H')$，其中 H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数，公式为：$H' = -\sum P_i \ln P_i$，P_i 为第 i 种个体占个体总数的比率。

均匀度（evenness，J'）采用 Pielou 公式：$J' = H'/\ln S$，其中 H' 为 Shannon-Wiener 多样性指数，S 为群落中物种数。

2 结果及其分析

2.1 蛾类群落的种类组成

经鉴定，七里海湿地的蛾类有 19 科 153 属 198 种。各季节种类组成差异较大：春季 8 科 43 属 54 种，夏季 18 科 129 属 160 种，秋季 9 科 74 属 86 种。在各类群中，以夜蛾科（48 属 66 种）和草螟科（35 属 49 种）为优势，分别为总种数的 33.3% 和 24.8%。螟蛾科（17 属 21 种）、卷蛾科（13 属 18 种）和尺蛾科（12 属 13 种）的种类也较多（表 1）。从各类群的个体数量来看，以草螟科的数量最大（1 320 头），其后为夜蛾科（961 头）和螟蛾科（462 头）。

表 1 天津七里海蛾类群落的数量特征（2001 - 2002）

Table 1 Quantitative indices of moth community diversity in the Qilihai wetland, Tianjin (2001 - 2002)

科名 Families	属数 Genera				种数 Species				个体数 Individuals				丰富度 S	种比例 Species %
	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	全年 Sum	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	全年 Sum	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	全年 Sum		
木蠹蛾科 Cossidae	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	2	1.01
潜蛾科 Lyonetiidae	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	1	0.51
举肢蛾科 Heliodinidae	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0.51
麦蛾科 Gelechiidae	0	3	0	3	0	3	0	3	0	4	0	4	3	1.52
菜蛾科 Plutellidae	1	0	0	1	1	0	0	1	10	0	0	10	1	0.51
谷蛾科 Tineidae	0	1	2	2	0	1	2	2	0	1	4	5	2	1.01
卷蛾科 Tortricidae	3	10	9	13	3	14	9	18	19	143	35	197	18	9.09
羽蛾科 Pterophoridae	0	1	1	1	0	2	2	2	0	2	6	8	2	1.01
螟蛾科 Pyralidae	3	17	9	17	3	21	9	21	15	398	49	462	21	10.61
草螟科 Crambidae	10	31	23	35	13	42	25	49	112	1 069	139	1 320	49	24.75
刺蛾科 Limacodidae	0	2	0	2	0	2	0	2	0	8	0	8	2	1.01
尺蛾科 Geometridae	3	10	6	12	3	10	6	13	13	67	21	101	13	6.57
舟蛾科 Notodontidae	1	5	0	5	1	5	0	5	35	15	0	50	5	2.53
毒蛾科 Lymantriidae	0	1	1	1	0	1	1	1	0	25	6	31	1	0.51
灯蛾科 Arctiidae	1	1	0	1	3	1	0	3	33	13	0	46	3	1.52
瘤蛾科 Nolidae	0	1	0	1	0	0	1	1	0	2	0	2	1	0.51
夜蛾科 Noctuidae	21	36	21	48	27	48	29	66	211	578	172	961	66	33.33
天蛾科 Sphingidae	0	5	2	6	0	5	2	6	0	19	6	25	6	3.03
大蚕蛾科 Saturniidae	0	1	0	1	0	1	0	1	0	2	0	2	1	0.51
合计 Total	43	129	74	153	54	160	86	198	448	2 351	438	3 237		

春季（3 ~ 5 月）；夏季（6 ~ 8 月）；秋季（9 ~ 11 月）Spring (March to May); Summer (June to August); Autumn (September to November). Sum: Whole year.

2.2　蛾类群落的优势种类

从 4 月到 10 月，各月蛾类群落的优势种分别为白点粘夜蛾 *Leucania loreyi*（Duponchel），缘纹拟纷舟蛾 *Pseudofentonia marginalis*（Mastsumura），四斑绢野螟 *Diaphania quadrimaculalis*（Bremer *et* Grey），白缘苇野螟 *Calamochrous acutellus* Eversmann，芦禾草螟 *Chilo luteelus*（Motschulsky），岛切夜蛾 *Euxoa islandica*（Wallengren）和甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua*（Hübner）。全年的优势种为芦禾草螟。各优势种的优势度见表 2。即春季及秋季的优势种属夜蛾科和舟蛾科，夏季和全年的优势种属草螟科。

表 2　天津七里海各月份蛾类优势种的优势度（2001 - 2002）

Table 2　Dominance index of the dominant moth species in each month in the Qilihai wetland, Tianjin（2001 - 2002）

种名 Species	优势度指数 Dominance index							
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	全年 Sum
白点粘夜蛾 *Leucania loreyi*	0.1546	0.0427	0	0.0132	0.0063	0.0610	0	0.0155
缘纹拟纷舟蛾 *Pseudofentonia marginalis*	0	0.0997	0	0.0076	0	0	0	0.0121
四斑绢野螟 *Diaphania quadrimaculalis*	0	0.0456	0.1765	0.0378	0.0651	0.0671	0	0.0571
白缘苇野螟 *Calamochrous acutellus*	0	0	0	0.0643	0.0541	0	0	0.0395
芦禾草螟 *Chilo luteelus*	0	0.0086	0.0824	0.0548	0.1117	0	0	0.0720
岛切夜蛾 *Euxoa islandica*	0.0825	0	0	0.0076	0.0109	0.0884	0	0.0185
甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua*	0	0	0	0	0.0029	0.0366	0.1818	0.0114

表 3　天津七里海各科蛾类中含不同个体数量的种数（2001 - 2002）

Table 3　Specific numbers of moth species with various numbers of individuals in each family in the Qilihai wetland, Tianjin（2001 - 2002）

科 Family	含 1 ~ 12 个个体的种数 Number of species with 1 ~ 12 moths												含个体数大于 12 的种数*	合计
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Number of species with more than 12 moths	Total
木蠹蛾科 Cossidae	2													2
潜蛾科 Lyonetiidae		1												1
举肢蛾科 Heliodinidae	1													1
麦蛾科 Gelechiidae	2	1												3
菜蛾科 Plutellidae										1				1
谷蛾科 Tineidae	1			1										2
卷蛾科 Tortricidae	5	1	2		1	1	1		1	1	1	1	14 × 1，25 × 1，85 × 1	18
羽蛾科 Pterophoridae			1		1									2
螟蛾科 Pyralidae	3	2		1		2	1	1			1	1	14 × 1，15 × 1，19 × 2，31 × 1，34 × 1，35 × 1，74 × 1，160 × 1	21
草螟科 Crambidae	4	7	5		3	1	3	1	4	2	2		18 × 1，20 × 1，25 × 1，27 × 2，29 × 1，30 × 2，33 × 1，38 × 1，40 × 1，41 × 1，104 × 1，128 × 1，150 × 1，186 × 1，233 × 1	49
刺蛾科 Limacodidae			1		1									2
尺蛾科 Geometridae	2	1	2	1	1	2	2						28 × 2	13
舟蛾科 Notodontidae	1		2	1									39 × 1	5
毒蛾科 Lymantriidae													31 × 1	1
灯蛾科 Arctiidae				1								1	30 × 1	3
瘤蛾科 Nolidae		1												1
夜蛾科 Noctuidae	10	7	7	2	2	5	2	1	3	1	2	1	13 × 1，15 × 2，16 × 3，17 × 1，19 × 1，21 × 2，22 × 1，25 × 1，33 × 1，37 × 1，39 × 1，44 × 1，46 × 1，50 × 1，57 × 1，58 × 1，60 × 2，75 × 1	66
天蛾科 Sphingidae		3	1	1								1		6
大蚕蛾科 Saturniidae		1												1
合计 Total	31	25	21	8	9	11	9	3	8	5	6	5	51	198

* 蛾类个体数 × 种类数 Number of moths × number of species

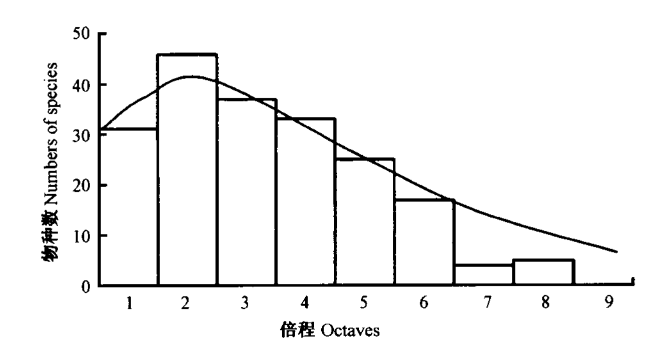


图 1 七里海蛾类种-多度曲线

Fig. 1 Curve of species-abundance of the moths in the Qilihai wetland

2.3 七里海蛾类的种-多度关系

在调查中，共采集到蛾类 3 237 头，其种类分布见表 3。按 Preston 的方法处理（庞雄飞和尤民生，1996），七里海蛾类的种-多度曲线如图 1。经拟合得出其方程式为 $S(R) = 46\exp - [0.25(R - 2)]^2$。在分割线段、等比级数和对数级数、对数正态分布和截尾负二项分布 3 个数学模型中，符合对数正态分布模型。即优势种和稀有种都较少，而处于中间的物种较多。

2.4 多样性及均匀性的时间动态

对各月份蛾类群落的多样性指数（LnH）、均匀度（J'）、物种丰富度（LnS）和个体数（LnN）进行统计，结果见表 4。

表 4 天津七里海蛾类的等级多样性指数（2001－2002）

Table 4 Indices of gradational diversity of the moths in the Qilihai wetland, Tianjin (2001－2002)

月份 Month	科数 Number of families	属数 Number of genus	种数 Number of species	个体数 Number of individuals	等级多样性指数 Indices of gradational diversity				均匀度
					H (F)	H (G)	H (S)	H (FGS)	J'
Apr.	6	18	22	97	3.11	13.34	15.73	32.18	0.89
May	7	33	42	351	4.40	21.09	30.08	55.02	0.91
Jun.	7	19	21	85	3.69	13.64	16.24	33.57	0.92
Jul.	10	65	72	529	4.39	40.84	47.06	92.28	0.90
Aug.	17	116	138	1 737	4.25	37.24	4.35	89.83	0.79
Sep.	9	66	77	328	4.90	41.73	4.72	95.35	0.90
Oct.	6	24	25	110	3.38	16.00	1.18	37.56	0.90
全年 Total	19	153	198	3 237	4.84	5.64	80.49	143.96	0.83

从表 4 可以看出，从 4 月到 10 月，七里海蛾类的多样性指数、物种丰富度和个体数量都有上升的趋势，在 8 月或 9 月达到顶峰；而均在 6 月出现一低谷，这应和蛾类的世代以及越冬的虫态有关。均匀度从 4 月到 7 月以及 9 月到 10 月表现平稳，而在 8 月出现一低谷。作者认为，这应和相对单一的植被群落——芦苇群落占绝对优势，一些和芦苇密切相关的蛾类优势种大发生有关。

3 讨论

天津七里海湿地蛾类计 198 种，隶属于 19 科，153 属。以夜蛾科、草螟科为多，分别占总种数的 33.3%和 24.8%。这与七里海的植被以芦苇群落为主的湿地环境密切相关。

七里海全年的优势种为芦禾草螟。春季及秋季的优势种属夜蛾科和舟蛾科，夏季和全年的优势种属草螟科，与马堪津和赵秉仪（2001）研究的红树林蛾类群落以尺蛾为优势的结果不同。这应和七里海的植被以草本植物为主的湿地环境，以及以芦苇群落为主的植被的年度发育有关。

七里海蛾类种-多度关系符合对数正态分布模型，即优势种和稀有种都较少，而处于中间的物种较多。符合这种分布的群落多属于环境条件优越，物种丰富度高的群落，如热带雨林的昆虫群落（孙儒泳，2001），说明七里海的环境条件比较好。

均匀度、丰富度（物种数）和个体数是与多样性指数密切联系的参数。七里海蛾类的多样性指数与均匀度不一致（相关系数 $r = -0.47$，$P > 0.05$），而与丰富度（相关系数 $r = 0.95$，$P < 0.01$）和个体数（相关系数 $r = 0.84$，$P < 0.01$）一致。这点在不同作者的研究结果是不同的。贺达汉等（1988）认为荒漠草原昆虫群落的多样性指数与均匀度是一致的，表明群落结构是稳定的。万方浩和陈长铭（1986）研究的稻田昆虫群落则得出在不同季节，多样性指数与均匀度不一致。刘文萍和邓合黎

(1997) 研究的不同生境的蝶类群落多样性指数与均匀度不一致，其原因是由于种-多度关系表现为生态位优先占领假说。而昆虫群落的种-多度曲线呈对数正态分布时，一般情况下多样性指数与均匀度一致（刘文萍和邓合黎，1997；赵志模和郭依泉，1990）。而在这里，七里海蛾类的种-多度曲线虽然呈对数正态分布，但多样性指数却与均匀度不一致，我们认为是由于种-多度曲线向左偏移，众数倍程小（仅为 2）的缘故。即群落中稀有种有增多的趋势，如此发展下去，种-多度关系将趋向对数级数模型。说明七里海的环境虽然比较好，但已出现退化的趋势。长此下去，种类会减少，一些优势种类会大发生，造成重大的经济损失。这种状况和近年来七里海湿地有退化的趋势有关。究其原因，是由于近年来连续干旱，雨季缺少有效降水，加之汇入七里海的北部山区各河流上游有水库截流，中游有农业灌溉用水，河道水量严重不足，以及不合理的利用芦苇等湿地资源造成的。因此，建议有关部门协调好各种关系，合理有效地保护和利用湿地资源，使良好的湿地环境能长久地保持下去。

由符合对数正态分布模型的种-多度曲线拟合的公式 $S(R) = 46\exp - [0.25(R-2)]^2$，按 May (1975) 估计群落总种数的公式 $S_T = S_0 SQRT(\pi)/a$，估计七里海蛾类总种数为 326 种。本文调查有 198 种，仅占其 60.74%。所以七里海湿地的蛾类还有待于进一步调查。

湿地环境中生活着种类众多、数量巨大的昆虫，它们是湿地生态系统中物种多样性的重要组成部分，在湿地环境的物质和能量流动与转化中起着不可忽视的作用。许多对湿地环境变化敏感的类群应该是湿地质量评价和环境监测的重要指标，充当此作用的昆虫不仅仅局限于水生昆虫，许多和湿地环境密切相关的半水生或陆生昆虫的分布状态及其种群动态可以很好地反映湿地的状况，而且易于调查和统计，可作为湿地质量评价和环境监测的指标。我们在研究中发现，许多蛾类有此作用，但其对湿地质量评价和环境监测中的指示能力和指示作用还有待于进一步研究。

致谢　南开大学生物系杜艳丽、郝淑莲、王新谱和张丹丹博士鉴定部分种类，在此一并表示感谢。

参　考　文　献　(References)

He D H, Tian C, Ren G D, Ma S Y, 1988. Studies on the successional pattern and communitical structure of insects in the desert steppe. *Grassland of China*, 6: 24 – 28.［贺达汉，田畴，任国栋，马世瑜，1988. 荒漠草原昆虫的群落结构及其演替规律初探. 中国草地，6: 24 – 28］

Li B W, 1991. A survey of the birds from Tianjin. *Chinese Journal of Zoology*, 26 (2): 17 – 20.［李百温，1991. 天津地区鸟类资源调查. 动物学杂志，26 (2): 17 – 20］

Liu W P, Deng H L, 1997. The butterfly diversities in Muli. *Acta Ecologica Sinica*, 17 (3): 266 – 271.［刘文萍，邓合黎，1997. 木里蝶类多样性的研究. 生态学报，17 (3): 266 – 271］

Ma C J, Chao P Y, 2001. On biodiversity of insecta in the mangrove forest of the Kuandu wetland: with reference on adaptation of insect to the environment. In: Hsieh F K, Lin C S, Gu S H eds. Proceeding of the Symposium on the Progress of Taiwan Entomological Research at the Threshold of 21st Century. Taichung: Museum of Natural Science. 263 – 285.［马堪津，赵秉仪，2001. 台北关渡水笔仔红树林之昆虫生物多样性：兼论昆虫对环境适应之表现. 见：谢丰国，林政行，顾世红主编. 跨世纪台湾昆虫学研究之进展研讨会论文集. 台中：自然科学博物馆. 263 – 285］

May R M, 1975. Patterns of species abundance and diversity. In: Cody M L, Diamond J M eds. Ecology and Evolution of Communities. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. 102 – 116.

Pang X F, You M S, 1996. Ecological Community of Insect. Beijing: Chinese Agricultural Press. 77 – 103.［庞雄飞，尤民生，1996. 昆虫群落生态学. 北京：中国农业出版社. 77 – 103］

Pielou E C (translated by Lu Z Y), 1988. Mathematics Ecology. 2nd ed. Beijing: Science Press. 309 – 326.［Pielou E C 著，卢泽愚译，1988. 数学生态学（第二版）. 北京：科学出版社. 309 – 326］

Sun R Y, 2001. Principles of Animal Ecology. 3rd ed. Beijing: Beijing Normal University Press. 394 – 403.［孙儒泳，2001. 动物生态学原理（第三版）. 北京：北京师范大学出版社. 394 – 403］

Wan F H, Chen C M, 1986. Studies on the structure of the rice pest-natural enemy community and diversity under IPM area and chemical control area. *Acta Ecologica Sinica*, 6 (2): 159 – 164.［万方浩，陈长铭，1986. 综防区和化防区稻田害虫天敌群落组成及多样性的研究. 生态学报，6 (2): 159 – 164］

You P, Li H H, Chen K L, 2002. A survey of wetland moths from Tianjin. In: Lian Z M, Xi G S, Huang Y *et al*. eds. Animal Science. Xi'an: Shaanxi Normal University Press. 228 – 235.［尤平，李后魂，陈克林，2002. 天津主要湿地灯下蛾类调查初报. 见：廉振民，奚耕思，黄原等主编. 动物科学. 西安：陕西师范大学出版社. 228 – 235］

Zhao Z M, Guo Y Q, 1990. Principle and Methods of Community Ecology. Chongqing: Publishing House of Scientific and Technological Documentation, Chongqing Branch. 134 – 160.［赵志模，郭依泉，1990. 群落生态学原理与方法. 重庆：科学技术文献出版社重庆分社. 134 – 160］